



TITLE:

静止気象衛星水蒸気バンド観測を 活用した降雨推定手法の開発(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

廣瀬, 民志

CITATION:

廣瀬, 民志. 静止気象衛星水蒸気バンド観測を活用した降雨推定手法の
開発. 京都大学, 2019, 博士(理学)

ISSUE DATE:

2019-09-24

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k22031>

RIGHT:

出典表示を行うこと A rain potential map with high temporal and spatial resolution retrieved from five geostationary meteorological satellites, Scientific Online Letters on the Atmosphere, 12, 297-301, doi:10.2151/sola.2016- 058 High temporal rainfall estimations from Himawari-8 multiband observations using the Random-Forest machine-learning method, Journal of the Meteorological Society of Japan, 97, 689-710, doi:10.2151/jmsj.2019- 040

(続紙 1)

京都大学	博 士 (理 学)	氏名	廣瀬 民志
論文題目	静止気象衛星水蒸気バンド観測を活用した降雨推定手法の開発		
(論文内容の要旨)			
<p>衛星観測の発展に伴って高時間分解能の全球衛星降水プロダクトの開発が進んできた。それらは複数の静止気象衛星による赤外バンド観測を結合させた全球結合赤外輝度温度データを用いたが、全球で利用可能な均質なデータは単一の窓領域赤外バンドのみであったため、このバンドから得られる雲頂高度情報を用いるのみであった。このため、高く発達した積乱雲からの降水は算出できたが、雲頂高度が低い雲から降る暖かい雨（氷晶過程を伴わない雨）の過程が支配的な降雨域や豪雨は過小評価された。やがて複数の窓領域赤外バンドや水蒸気吸収帯の赤外バンド（水蒸気バンド）観測などが追加されたが、これらのバンドは全球衛星降水プロダクトに活用されてこなかった。一方、近年打ち上げられた静止気象衛星に搭載された観測センサのバンド数は大幅に増加しており、複数バンド観測利用による全球衛星降水プロダクトの精度向上が期待されている。本論文は、これまで活用されてこなかった静止気象衛星の観測バンド、とりわけ水蒸気バンドを活用することで、全球衛星降水プロダクトの暖かい雨の降雨域検出や暖かい雨の過程が支配的な豪雨の推定精度の向上に寄与することを目的とする。</p> <p>まず、全球を観測する5台の静止気象衛星全てに搭載されている水蒸気バンド観測から天頂角依存性を取り除いて結合させることで、全球結合水蒸気輝度温度データを作成した。作成したデータならびに全球結合赤外輝度温度データと熱帯降雨観測衛星搭載降雨レーダとの同時観測を収集・解析し、静止気象衛星観測から降雨レーダの平均降雨確率に変換したプロダクトである降雨ポテンシャルマップを作成した。降雨ポテンシャルマップは水蒸気バンドを活用することにより、単一の赤外バンドのみを用いた既存の手法と比較して、特に雲頂高度の低い雲に対する降雨域判定が高精度となり、全球衛星降水プロダクトにおける降雨域検出の精度向上に寄与できることが分かった。</p> <p>2014年10月にひまわり8号が打ち上げられ、3つの水蒸気バンドを含む赤外マルチバンド観測が始まった。バンド数が増加した赤外マルチバンドの膨大な観測データにランダム・フォレスト機械学習法を適用することによって、ひまわり8号降雨推定アルゴリズムを開発した。機械学習法を用いた降雨推定の先行研究の多くが教師データとして地上降雨観測を用いていたのに対し、本研究では全球降水観測計画主衛星搭載のKuバンド降水レーダ観測を用いることで、ひまわり8号の観測域全体を対象可能とした。単一の赤外バンドのみを用いた既存の手法では捉えられていなかった2015年9月の関東・東北豪雨について事例解析を行った結果、本研究で開発したひまわり8号降雨推定アルゴリズムは暖かい雨の過程が支配的な豪雨の推定に有効であることが分かった。夏季3カ月間の日本付近における統計解析および放射伝達モデルを用いた解析から、水蒸気吸収帯の$6.9\mu\text{m}$バンドと$7.3\mu\text{m}$バンドの輝度温度差が0付近であるときは、対流圏中上層の相対湿度が低く対流不安定な環境場であり、対流圏中層付近まで発達した光学的に厚い雲が存在するという、暖かい雨の過程が支配的な豪雨が発生している状況に対応することが判明した。</p> <p>以上の結果、静止気象衛星の水蒸気バンド観測が、暖かい雨に対する降雨域検出ならびに暖かい雨の過程が支配的な豪雨の推定精度の向上に寄与することが分かった。</p>			

(論文審査の結果の要旨)

1990年代末から5台の静止気象衛星による極域を除いた全球観測が定常的に運用されるようになり、全球結合赤外輝度温度データの提供が開始され、これを利用した全球衛星降水プロダクトの開発が盛んとなった。しかし、単一の窓領域赤外バンド観測データでは雲頂高度情報しか得られず、雲頂高度が低い雲からの暖かい雨に対する降雨域検出や暖かい雨の過程が支配的な豪雨推定に大きな問題があった。水蒸気吸収帯の赤外バンドである水蒸気バンドも5台の静止気象衛星全てに搭載されていたが、全球結合データが作成されることはなかった。一方、2014年10月のひまわり8号打ち上げによって最新鋭の赤外放射計を搭載した第3世代静止気象衛星の時代が幕開けし、マルチバンド観測の活用が増してきた。本申請者は、静止衛星気象の赤外マルチバンド観測、とりわけ水蒸気バンド観測を活用した降雨推定手法の開発に取り組んだ。

5台の静止気象衛星の水蒸気バンド観測から天頂角依存性を取り除いた全球結合水蒸気輝度温度データを作成した。さらに熱帯降雨観測衛星搭載降雨レーダとの同時観測を利用して、赤外輝度温度と水蒸気輝度温度の組み合わせで降雨域を判定する手法を開発した。その結果、暖かい雨を高精度で判定可能となり、全球衛星降水プロダクトにおける降雨域検出の精度向上に寄与できることを示した。全球結合水蒸気輝度温度データを独自に作成することによって、赤外輝度温度と水蒸気輝度温度の組み合わせが、先行研究で有効性が分かっていた圏界面に達する雲頂高度の高い対流性降雨域の検出だけでなく、雲頂高度の低い雲に対する降雨域の検出にも有効であることを示した意義は大きいと評価できる。この手法を過去データに適用することにより、近年の全球降水変動に関する研究に大きく貢献する成果が得られると期待される。

ひまわり8号の赤外マルチバンドから降雨強度を推定する手法を、全球降水観測主衛星搭載の降水レーダ観測を教師データとするランダム・フォレスト機械学習法に基づいて開発した。この手法により、単一の窓領域赤外バンド観測では捕捉できなかった2015年9月の関東・東北豪雨を捉えることに成功した。また、ひまわり8号で初めて観測可能となった2つの水蒸気バンドの組み合わせが、対流圏中上層が乾燥した環境場で発生する雲頂高度の低い暖かい雨の豪雨の推定に有効であることを示した。さらに放射伝達モデルを用いた数値解析により、対流圏中上層の乾燥大気と中層付近で発達が抑制された光学的に厚い雲の存在の両方が、透過率の異なる2つの水蒸気バンドの組み合わせによる豪雨検出に寄与していたことを示した。水蒸気バンド観測によって降雨推定精度を向上させただけでなく、その物理的根拠を明らかにしたと高く評価できる。

本研究は、静止気象衛星の水蒸気バンド観測が、暖かい雨の検出や暖かい雨の過程が支配的な豪雨の推定に有効であることを示した。ひまわり8号に続いて2台の第3世代静止気象衛星が米国によって打ち上げられており、本研究は間もなく始まる全球赤外マルチバンド観測時代における降雨推定手法の先駆けになると期待できる。よって、本論文は博士（理学）の学位論文として価値あるものと認める。また、令和元年7月4日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。

要旨公表可能日： 年 月 日以降